

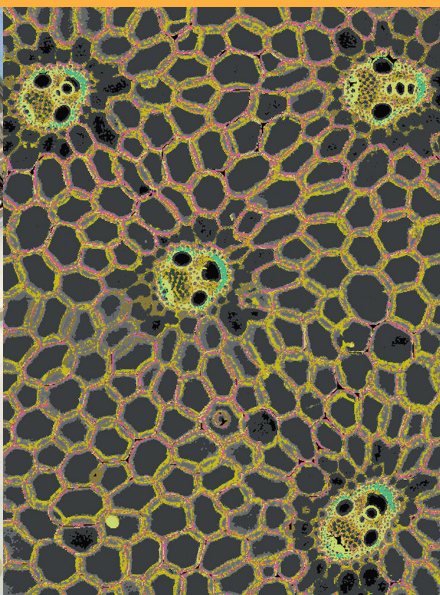


Chimie verte et industries agroalimentaires

Vers une bioéconomie durable

STÉPHANIE **BAUMBERGER**

Coordonnatrice



Lavoisier
TEC & DOC

*Chimie verte
et industries
agroalimentaires*

SCIENCES & TECHNIQUES AGROALIMENTAIRES (STAA)

Directrice de collection : Marie-Noëlle Bellon-Fontaine, professeur, AgroParisTech (Massy)

Membres du conseil scientifique :

Thierry Bénézech, directeur de recherche, INRA (Villeneuve d'Ascq)

Véronique Bosc, maître de conférences, AgroParisTech (Massy)

Pascal Garry, chercheur, Ifremer (Nantes)

Christophe Hermon, directeur régional du pôle Ouest du CTCPA (Nantes)

Jean-Louis Multon, président de la Société scientifique d'hygiène alimentaire (SSHA, Paris)

Murielle Naïtali, maître de conférences, AgroParisTech (Massy)

Dans la même collection

Bois et industries agroalimentaires, par N. Oulahal, F. Aviat (coord.), 2019

Risques chimiques liés aux aliments – Principes et applications, par V. Camel, G. Rivière, B. Le Bizec (coord.), 2018

La chaîne de la viande bovine – Production, transformation, valorisation et consommation, par M.-P. Elliès-Oury, J.-F. Hocquette (coord.), 2018

Les algues alimentaires : bilan et perspectives, par J. Fleurence, 2018

Les 7 fonctions de l'emballage, par P. Dole (coord.), 2018

Risques microbiologiques alimentaires, par M. Naïtali, L. Guillier, F. Dubois-Brissonnet (coord.), 2017

Conception hygiénique de matériel et nettoyage-désinfection pour une meilleure sécurité en industrie agroalimentaire, par M.-N. Bellon-Fontaine, T. Bénézech, K. Boutroux, C. Hermon (coord.), 2016

Traité pratique de droit alimentaire, par J.-L. Multon, H. Temple, J.-L. Viruëga (coord.), 2013

La couleur des aliments – De la théorie à la pratique, par M. Jacquot, P. Fagot, A. Voilley (coord.), 2012

Science et technologie de l'œuf – Production et qualité, volume 1, par F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J.-L. Thapon † (coord.), 2010

Science et technologie de l'œuf – De l'œuf aux ovoproduits, volume 2, par F. Nau, C. Guérin-Dubiard, F. Baron, J.-L. Thapon † (coord.), 2010

Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires, 4^e ed., par B. de Reynal, J.-L. Multon (coord.), 2009

Évaluation sensorielle – Manuel méthodologique, 3^e ed., par F. Depledt, SSHA (coord.), 2009

Bactéries lactiques – De la génétique aux ferments, par G. Corrieu, F.-M. Luquet (coord.), 2008

Les polyphénols en agroalimentaire, par P. Sarni-Manchado, V. Cheyner (coord.), 2006

La spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques, 2^e ed., par B. Bertrand, E. Dufour (coord.), 2006

Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires, 2^e ed., par R. Moletta (coord.), 2006

Dans d'autres collections

Chimie verte, par Paul Colonna, 2006

Pour plus d'informations sur nos publications :



newsletters.lavoisier.fr/9782743025137

SCIENCES & TECHNIQUES

AGROALIMENTAIRES



STÉPHANIE BAUMBERGER

Chimie verte et industries agroalimentaires

Vers une bioéconomie durable

Préface de Gilles Trystram

L*avoisier*
TEC & DOC

editions.lavoisier.fr

Direction éditoriale : Jean-Marc Bocabeille
Édition : Brigitte Peyrot
Composition et couverture : Nord Compo, Villeneuve-d'Ascq

© 2020, Lavoisier, Paris
ISBN : 978-2-7430-2513-7

LISTE DES AUTEURS

Véronique Aguié-Béghin

Ingénieure de Recherche, INRA, UMR0614 FARE Fractionnement des Agro-Ressources et Environnement, Centre de Recherche en Environnement et Agronomie, Reims

Florent Allais

Habilité à diriger des recherches, Professeur, Directeur de l'URD Agro-Biotechnologies Industrielles (ABI) d'AgroParisTech, Centre Européen de Biotechnologies et de Bioéconomie (CEBB), Pomacle

Hélène Angellier-Coussy

Docteur, Maître de Conférences, Université de Montpellier, UMR1208 Ingénierie des Agropolymères et Technologies Émergentes (IATE), CIRAD, INRA, Montpellier SupAGro, Montpellier

Violaine Athès-Dutour

Habilité à diriger des recherches, Professeur, UMR0782 INRA AgroParisTech GMPA Génie et Microbiologie des Procédés, AgroParisTech site de Grignon, Thiverval-Grignon

Marianne Azzopardi

Technicienne de Recherche, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Aurélié Baldy

Ingénieure d'Études, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Stéphanie Baumberger

Habilité à diriger des recherches, Professeur, AgroParisTech, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Fadhel Ben Chaabane

Docteur, Chef de projet, IFP Énergies Nouvelles, Rueil-Malmaison

Nathalie Berezina

Docteur, Directrice R&D, Société Ynsect, Évry

Olivier Bernard

Habilité à diriger des recherches, Directeur de Recherche, INRIA, BIOCORE, Sophia Antipolis

Nicolas Bernet

Habilité à diriger des recherches, Directeur de Recherche, INRA, UR0050 Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE), Narbonne

Hubert Bonnefond

Docteur, Directeur général, Société Inalve, CEEI Nice Premium, Nice

Jean-Luc Cacas

Docteur, Maître de Conférences, AgroParisTech, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Jean-Paul Cadoret

Habilité à diriger des recherches, Directeur délégué, Société Greensea sas, Mèze

Laure Candy

Docteur, Ingénieure de Recherche, CRT CATAR CRITT Agroressources, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Muriel Cerny

Technicienne de Laboratoire, INRA, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Jean-Marie Chauvet

Docteur, Directeur de la Fondation Jacques de Bohan – Institut de la Bioraffinerie, Pomacle

Christine Chirat

Professeur des Universités, Directrice Exécutive de l'IDEX Formation de la COMUE Université Grenoble Alpes, Laboratoire de Génie des Procédés Papetiers (LGP2), UMR 5518 Grenoble INP-Pagora, Saint-Martin d'Hères

Paul Colonna

Docteur, Directeur de Recherche émérite, INRA, Nantes

Charlotte Combe

Docteur, Intrapreneure, Air Liquide (iLab), Paris

Sylvie Coursol

Habilité à diriger des recherches, Chargée de Recherche, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Pascale de Caro

Docteur, Maître de Conférences, Toulouse INP, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Marie-Françoise Devaux

Docteur, Ingénieure de Recherche, INRA, UR1268 Biopolymères, Interactions et Assemblages (BIA), Nantes

Nathalia Di Loreto Campos

Via Varejo S.A., São Caetano do Sul/SP, Brésil

Sandra Domenek

Docteur, Maître de Conférences, AgroParisTech, UMR1145 Ingénierie Procédés Aliments (GENIAL), AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, Massy

Amélie Ducloy

Doctorante, Université Paris Sud, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Paul-Henri Ducrot

Docteur, Directeur de Recherche, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Fadi El Hage

Doctorant, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Renault Escudié

Docteur, Directeur de Recherche, INRA, UR0050 Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE), Narbonne

Jean-François Fabre

Ingénieur d'Études, Université de Toulouse, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Vincenza Ferraro

Docteur, Chargée de Recherche, INRA, UR370 Qualité des Produits Animaux (QuaPA), Saint-Genès-Champanelle

Amandine L. Flourat

Ingénieure d'Études, AgroParisTech, URD Agro-Biotechnologies Industrielles (ABI), AgroParisTech, Centre Européen de Biotechnologies et de Bioéconomie (CEBB), Pomacle

Benoit Gabrielle

Docteur, Professeur, AgroParisTech, UMR1402 Écologie Fonctionnelle et Écotoxicologie des Agrosystèmes (ECOSYS), INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Thiverval-Grignon

Diana Garcia-Bernet

Docteur, Ingénieure de Recherche, INRA, UR0050 Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE), Narbonne

Emmanuelle Gastaldi

Docteur, Maître de Conférences, Université de Montpellier, UMR1208 Ingénierie des Agropolymères et Technologies Émergentes (IATE), CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier

Géraldine Giacinti

Docteur, Ingénieure de Recherche, CRT CATAR CRITT Agroressources,
Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA,
INP-ENSIACET, Toulouse

Nathalie Gontard

Professeur, Directrice de Recherche, INRA, Université de Montpellier, UMR1208
Ingénierie des Agropolymères et Technologies Émergentes (IATE), CIRAD, INRA,
Montpellier SupAgro, Montpellier

Yves Griveau

Ingénieur de Recherche, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/
AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Valérie Guillard

Docteur, Maître de Conférences, Université de Montpellier, UMR1208 Ingénierie des
Agropolymères et Technologies Émergentes (IATE), CIRAD, INRA, Montpellier Sup-
Agro, Montpellier

Carole Guillaume†

Université de Montpellier, UMR1208 Ingénierie des Agropolymères et Technologies
Émergentes (IATE), CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier

Fabienne Guillon

Docteur, Directrice de Recherche, INRA, UR1268 Biopolymères, Interactions
et Assemblages (BIA), Nantes

Antoine Hubert

Président, Société Ynsect, Évry

Damien Hudebine

Docteur, Ingénieur de Recherche, IFP Énergies Nouvelles, Solaize

Marie-Pierre Jacquemot

Technicienne de Recherche, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/
AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Éric Lacroux

Ingénieur d'Études, INRA, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010
INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Sylvain Legay

Docteur, Assistant sélectionneur, Semences Prograin Inc., Centre de Recherche,
Saint Césaire, Qc, Canada

David Legland

Docteur, Ingénieur de Recherche, INRA, UR1268 Biopolymères, Interactions
et Assemblages (BIA), Nantes

Nicolas Lopes-Ferreira

Docteur, Chef de projet R&D, IFP Énergies Nouvelles, Rueil-Malmaison

Chantal Loyce

Habilitée à diriger des recherches, Maître de Conférences, AgroParisTech, UMR0211 Agronomie, INRA, AgroParisTech, Université Paris-Saclay, Thiverval-Grignon

Marie-Noëlle Maillard

Habilitée à diriger des recherches, Professeur, AgroParisTech, UMR1145 Ingénierie Procédés Aliments (GENIAL), AgroParisTech, INRA, Université Paris-Saclay, Massy

Valérie Méchin

Habilitée à diriger des recherches, Directrice de Recherche, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Othmane Merah

Docteur, Maître de Conférences, Toulouse INP, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Cédric Y. Montanier

Docteur, Chargé de Recherche, Laboratoire d'Ingénierie des Systèmes Biologiques et Procédés (LISBP), INSA-Toulouse, UMR INRA 792/ CNRS 5505, Toulouse

Roman Moscoviz

Docteur, Chef de projet R&I, Société Suez, Centre International de Recherche Sur l'Eau et l'Environnement (CIRSEE), Le Pecq

Zéphirin Mouloungui

Docteur, Directeur de Recherche, INRA, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Marwen Moussa

Docteur, Maître de Conférences, AgroParisTech, UMR0782 INRA AgroParisTech GMPA Génie et Microbiologie des Procédés, AgroParisTech site de Grignon – CBAL, Thiverval-Grignon

Martino Nieddu†

Habilitée à diriger des recherches, Professeur des Universités, Professeur d'économie à l'Université de Reims Champagne Ardennes, UFR des Sciences Économiques, Sociales et de Gestion, Directeur du Laboratoire d'Économie et de Gestion de Reims (Regards), EA 6292

Michael J. O'Donohue

Docteur, Directeur de Recherche, INRA, Département CEPIA, INSA-Toulouse, Toulouse

Stéphane Peyron

Docteur, Maître de Conférences, Université de Montpellier, UMR1208 Ingénierie des Agropolymères et Technologies Émergentes (IATE), CIRAD, INRA, Montpellier SupAgro, Montpellier

Matthieu Reymond

Docteur, Chargé de Recherche, INRA, Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA/AgroParisTech, ERL 3559 CNRS, INRA Centre de Versailles-Grignon, Versailles

Hélène Rogniaux

Habilité à diriger des recherches, Ingénieure de Recherche, INRA, UR1268 Biopolymères, Interactions et Assemblages (BIA), Nantes

Marie-Christine Scherrmann

Docteur, Professeur des Universités, Université Paris Sud, Institut de Chimie Moléculaire et des Matériaux d'Orsay (ICMMO), UMR8182 CNRS, Orsay

Antoine Sciandra

Habilité à diriger des recherches, Chercheur, CNRS (INSU)/SU, Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, UPMC, Sorbonne Universités, Station Zoologique, Villefranche-sur-mer

Henri-Éric Spinnler

Habilité à diriger des recherches, Professeur, Président du département Sciences et Procédés des Aliments et des Bioproduits d'AgroParisTech, UMR0782 INRA AgroParisTech GMPA Génie et Microbiologie des Procédés, AgroParisTech site de Grignon – CBAI, Thiverval-Grignon

Jean-Philippe Steyer

Docteur, Directeur de Recherche, INRA, UR0050 Laboratoire de Biotechnologie de l'Environnement (LBE), Narbonne

Sophie Thiebaud-Roux

Professeur des Universités, Responsable du département Chimie, ENSIACET, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Romain Valentin

Docteur, Chargé de Recherche, INRA, Laboratoire de Chimie Agro-industrielle (LCA), UMR1010 INRA, INP-ENSIACET, Toulouse

Laetitia Virlovet

Docteur, Responsable R&D, Société UV Boosting, Boulogne-Billancourt

SOMMAIRE

Liste des auteurs.....	V
Préface (Gilles TRYSTRAM).....	XXI
Avant-propos (Stéphanie BAUMBERGER).....	XXIII
Remerciements.....	XXVI
Liste des abréviations.....	XXVII

Partie 1 DE LA CHIMIE VERTE AUX BIOTECHNOLOGIES

CHAPITRE 1

Chimie verte, chimie éco-compatible, bioraffinerie (Stéphanie BAUMBERGER, Marie-Christine SCHERRMANN).....	3
1. La chimie verte : une chimie respectueuse de l'environnement et de la santé de l'homme ...	3
1.1. Les douze principes de la chimie verte.....	3
1.2. Réglementations en lien avec les principes de la chimie verte.....	6
2. La chimie verte, moteur d'innovation.....	9
2.1. Voie physique : procédés sans solvants, sans catalyseurs et sans déchets.....	10
2.2. Exploitation des structures natives et déconstruction ménagée.....	11
2.3. Biomimétisme.....	13
3. De la chimie verte à la bioraffinerie.....	15
3.1. Les différentes échelles d'application de la chimie verte.....	15
3.2. Utilisation de matières premières renouvelables.....	16
3.3. Réduction de la production de déchets.....	17
3.4. Conception de procédés plus sûrs.....	17
4. Conclusion.....	18

CHAPITRE 2

Des bioéconomies entre transformation des procédés industriels et agro-écologie (Martino NIEDDU).....	21
1. Non pas une, mais des bioéconomies.....	21
2. Une bioéconomie de la biomasse fondée sur la bioraffinerie.....	22
3. Deux bioéconomies face aux défis de la durabilité.....	24
3.1. Bioéconomie et <i>driver</i> des technologies.....	25
3.2. Bioéconomie et <i>driver</i> des marchés.....	25
4. Conclusion.....	26

CHAPITRE 3

Biotechnologies industrielles : plaque tournante à la croisée des IAA et de la chimie verte (Cédric Y. MONTANIER, Michael J. O'DONOHUE).....	29
1. Introduction.....	29
1.1. Définitions et rappels historiques.....	29
1.2. Biotechnologie moderne.....	30
2. Outils de la biotechnologie industrielle.....	31
2.1. Enzymes.....	31
2.2. Souches microbiennes.....	35
2.3. Fermentation industrielle.....	38

3. Perspectives de développement et leviers	40
3.1. Eau et biocatalyseurs	40
3.2. Valorisation des déchets	41
3.3. Biologie de synthèse	42
3.4. Microalgues	43
4. Conclusion	44

Partie 2

RESSOURCES AGRICOLES ET COPRODUITS DES IAA : SOURCES DE POLYMÈRES, CARBURANTS ET MOLÉCULES POUR LA CHIMIE

CHAPITRE 4

Huiles alimentaires et lipochimie (Zéphirin MOULOUNGUI, Romain VALENTIN, Laure CANDY, Jean-François FABRE, Éric LACROUX, Othmane MERAH, Muriel CERNY, Géraldine GIACINTI, Sophie THIEBAUD-ROUX, Pascale De CARO)	49
1. Introduction	49
2. Compétitivité des oléagineux et usages alimentaires <i>versus</i> non alimentaires	49
3. Plateformes des huiles végétales de spécialité et des huiles de commodité	50
3.1. Huiles multi-usages	50
3.2. Huiles à usage non alimentaire	51
3.3. Micro-organismes	52
4. Plateforme des constituants mineurs des huiles végétales : les bioactifs	52
5. Technologies de production et transformation des huiles végétales	53
5.1. Expression de l'huile végétale en extrudeur réacteur bi-vis	54
5.2. Ultrasons adaptés à la démulcination et à l'hydrolyse enzymatique	54
5.3. Induction thermique appliquée aux cas d'études des réactions de rupture et de formation de liaison O-métal	56
5.4. Réacteur/séparateur à court trajet adapté à la synthèse et à la purification des molécules biosourcées thermosensibles	58
6. Applications	61
6.1. Solvants issus de l'oléochimie	61
6.2. Biotensioactifs totalement biosourcés	67
6.3. Polyols naturels oléochimiques : polyuréthanes <i>versus</i> polyhydroxy-uréthanes	69
6.4. Éco-conception	74
7. Conclusion	79

CHAPITRE 5

Méthanisation : application à la valorisation énergétique de coproduits agricoles et déchets des IAA (Nicolas BERNET, Renaud ESCUDIÉ, Jean-Philippe STEYER)	83
1. Définition de la méthanisation	83
1.1. Étapes de la méthanisation	83
1.2. Micro-organismes de la méthanisation	84
1.3. Mise en œuvre de la méthanisation	85
2. Développement de la méthanisation en lien avec le contexte national et international	87
2.1. Historique de la méthanisation	87
2.2. Méthanisation en Europe	88
2.3. Méthanisation en France	89
3. Technologies de méthanisation	92
3.1. Traitement des effluents	93
3.2. Méthanisation de la biomasse	94

4. Valorisation des produits.....	97
4.1. Biogaz	97
4.2. Digestat.....	98
4.3. Vers des produits à plus haute valeur ajoutée	98

CHAPITRE 6

Production de biocarburants à partir de ressources agricoles (Nicolas LOPES FERREIRA, Damien

HUDEBINE, Fadhel BEN CHAABANE).....	101
1. Introduction.....	101
2. Contexte.....	102
2.1. Énergies fossiles <i>versus</i> énergies renouvelables	102
2.2. Spécificité liée au transport et importance des énergies alternatives	102
2.3. Contexte environnemental	103
2.4. Incitations normatives et fiscales	104
3. Filières industrielles de biocarburants (biocarburants 1G).....	106
3.1. Ressources mobilisées pour les biocarburants 1G	107
3.2. Procédé de production de bioéthanol 1G	109
3.3. Procédés de production de biodiesels 1G.....	112
3.4. Conclusions sur les filières industrielles de biocarburants 1G.....	114
4. Biocarburants de seconde génération (biocarburants 2G).....	114
4.1. Ressources mobilisées pour les biocarburants 2G	115
4.2. Procédé biochimique de production de bioéthanol 2G	116
4.3. Procédés thermochimiques de production de biocarburants 2G.....	119
4.4. Conclusions sur les biocarburants de seconde génération	122
5. Bilan et perspectives pour les filières biocarburants	124

CHAPITRE 7

Potentiel des microalgues (Hubert BONNEFOND, Charlotte COMBE, Jean-Paul CADORET, Antoine

SCIANDRA, Olivier BERNARD).....	127
1. Introduction.....	127
2. Microalgues : des micro-organismes à macropotentiel	128
3. Un réservoir de molécules innovantes pour de nombreuses applications	130
4. Systèmes de culture de microalgues	131
4.1. Systèmes ouverts, à grande échelle	131
4.2. Systèmes fermés.....	132
5. Stockage de carbone de réserve : des lipides aux carbohydrates	133
6. Stockage de carbone et d'énergie	134
6.1. Stockage de polysaccharides.....	134
6.2. Production de polyhydroxyalcanoates (PHA)	136
7. Lipides : des molécules abondamment produites par certaines espèces	136
7.1. Lipides : une famille de molécules très hétérogènes.....	136
7.2. Métabolisme des lipides chez les microalgues.....	138
7.3. Structures de stockage des triglycérides et du β -carotène.....	139
7.4. Pigments : des molécules aux multiples propriétés	141
8. Facteurs stimulant l'accumulation de carbone de réserve	142
8.1. La lumière comme facteur de modification de la teneur en lipides	142
8.2. Température	143
8.3. Dioxyde de carbone	143
8.4. Carence en azote, déclencheur de la synthèse des lipides.....	144
8.5. Autres carences, mêmes résultats	144
9. Conclusion	145

CHAPITRE 8

Coproduits des IAA : un vivier mondial sous-exploité de biomolécules d'intérêt (Diana GARCÍA-BERNET, Vincenza FERRARO, Roman MOSCOVIZ) 149

1. Introduction 149
2. Sous-produits, coproduits et déchets dans l'industrie agroalimentaire 150
 - 2.1. Définitions 150
 - 2.2. Données sur la production des déchets, coproduits et sous-produits des IAA en France 152
3. Valorisation de déchets et coproduits des principales filières des IAA 154
 - 3.1. Industrie de la viande 154
 - 3.2. Industrie du poisson et des produits de la mer 157
 - 3.3. Industrie des fruits et légumes 159
 - 3.4. Industrie laitière 162
 - 3.5. Industrie des céréales 163
 - 3.6. Industries du vin, distillerie et brasserie 166
 - 3.7. Industrie des corps gras 169
 - 3.8. Valorisation des effluents par fermentation 170
4. Synthèse des composés d'intérêt (familles de produits *versus* *sourcings*) 175

CHAPITRE 9

Production d'arômes à partir de coproduits et effluents des IAA (Violaine ATHÈS, Marwen MOUSSA, Henry-Éric SPINLER) 181

1. Introduction 181
2. Extraction directe à partir de coproduits des IAA 187
 - 2.1. Extraction de composés d'arôme à partir de coproduits solides 187
 - 2.2. Extraction de composés d'arôme à partir d'effluents liquides ou gazeux des IAA 188
3. Transformation des coproduits des IAA pour l'obtention de composés d'arôme 193
 - 3.1. Transformation par voie chimique ou thermochimique 193
 - 3.2. Transformation par voie biologique 195
4. Conclusion 196

Partie 3

**CHIMIE VERTE ET MATÉRIAUX POLYMÈRES :
VERS DE NOUVEAUX EMBALLAGES ALIMENTAIRES**

CHAPITRE 10

Innovation pour des polymères de commodité : qu'attendre de la chimie verte ? (Sandra DOMENEK) 203

1. Polymères et environnement 203
2. Principaux représentants des bioplastiques 206
3. Adjuvants pour la formulation de matériaux polymères 209
4. Analyse de cycle de vie des polymères biodégradables et/ou biosourcés 210
5. Conclusion : pistes d'innovation pour des polymères de commodité
– Apport de la chimie verte 211

CHAPITRE 11

Emballage alimentaire : présentation d'une démarche éco-raisonnée (Hélène ANGELLIER-COUSSY, Emmanuelle GASTALDI, Nathalie GONTARD, Carole GUILLAUME, Valérie GUILLARD, Stéphane PEYRON) 213

1. Introduction 213
2. Outils d'aide à la décision et définition du cahier des charges 214
 - 2.1. Un cahier des charges multicritères et multi-acteurs 214
 - 2.2. Modélisation et identification des perméabilités optimales 215
 - 2.3. Un outil d'aide à la décision pour le choix et le dimensionnement de l'emballage 217

3. Mise-en-œuvre de matériaux composites polymères-fibres à partir de sous-produits des industries agroalimentaires	219
3.1. Préparation de charges de renfort à partir de résidus lignocellulosiques	219
3.2. Mise en œuvre de matériaux biocomposites	220
3.3. Propriétés fonctionnelles des biocomposites PHBV/fibres de paille	221
4. Réglementation et aptitude au contact alimentaire	224
5. Fin de vie	227
5.1. Traitement des déchets d'emballages : les différentes options de fin de vie	228
5.2. Nature du carbone biosourcé ou fossile et caractère biodégradable	232
5.3. Cas des PHA et des composites à base de PHA	234
6. Conclusion	235

CHAPITRE 12

Potentiel des lignines comme additifs multifonctionnels (Véronique AGUIÉ-BÉGHIN, Nathalia DI LORETO CAMPOS, Sandra DOMENEK, Marie-Noelle MAILLARD, Paul-Henri DUCROT, Stéphanie BAUMBERGER)	239
1. Structure et origine des lignines	240
1.1. Lignines natives	240
1.2. Lignines industrielles	242
2. Propriétés d'intérêt pour l'emballage	245
2.1. Propriétés antioxydantes des lignines	245
2.2. Films thermoplastique-lignines : exemple des films PLA-lignines	246
2.3. Nanocomposites cellulose-lignines	250
2.4. Lignines et emballages piègeurs d'oxygène	252
3. Variabilité des lignines : frein ou atout ?	253
4. Conclusion	254

CHAPITRE 13

Dangers du bisphénol A et de ses analogues : vers de nouvelles alternatives plus durables et moins toxiques (Amandine L. FLOURAT, Florent ALLAIS)	257
1. Contexte	257
1.1. Définitions	257
1.2. Synthèse	257
1.3. Applications	258
1.4. Problèmes sanitaires	259
2. Alternatives	260
2.1. Nouvelle donne : la durabilité	260
2.2. Retour sur la définition et périmètre de l'étude bibliographique	260
2.3. Bisphénols biosourcés : de potentielles alternatives durables au BPA	260
2.4. Utilisation des bisphénols biosourcés pour des alternatives aux polymères issus du bisphénol A et de ses analogues	269
3. Conclusion et perspectives	277

Partie 4

VERS DES SYSTÈMES INTÉGRÉS DE BIORAFFINERIE : LIEN AVEC LE TERRITOIRE ET LES AUTRES FILIÈRES DE PRODUCTION

CHAPITRE 14

Des industries agroalimentaires de première transformation aux bioraffineries : exemple de Bazancourt-Pomacle (Jean-Marie CHAUVET)	281
1. Introduction	281
2. Bioraffinerie : un terme devenu générique en l'espace de quelques années	281

3. Histoire singulière de la bioraffinerie de Bazancourt-Pomacle	283
3.1. Des agriculteurs visionnaires avec une forte capacité à se rassembler	283
3.2. De la période des « excédents agricoles » à celle du « moins de fossile et plus de renouvelable »	286
3.3. Un schéma d'ensemble qui se dessine dès le début des années 1990 et un fort développement dans la dynamique du pôle de compétitivité	287
4. La bioraffinerie à l'heure de la bioéconomie	290
4.1. Stratégie européenne	291
4.2. Stratégie nationale française	291
4.3. Bioraffineries : pierre angulaire de la bioéconomie	292
5. Bioraffineries et écologie industrielle	293
5.1. Synergies et symbioses	293
5.2. Intégration et interaction avec le territoire	294
5.3. Question de la gouvernance d'un site multi-acteurs	295
5.4. Reproductibilité du modèle	296
6. Bioraffinerie et biotechnologies industrielles	296
6.1. Les biotechnologies industrielles au cœur des bioraffineries	296
7. En amont des bioraffineries, la bioéconomie commence dans les champs	297
8. En aval et au-delà de la bioraffinerie	298
9. Conclusion	299
CHAPITRE 15	
De l'industrie papetière à la bioraffinerie de 2^e génération (Christine CHIRAT)	303
1. Introduction	303
2. Composition du bois	304
3. Les usines de production de pâtes à papier fonctionnent comme des bioraffineries depuis plus de 100 ans	307
3.1. Procédé au bisulfite acide	307
3.2. Procédé kraft	311
4. Évolution du procédé kraft vers des bioraffineries plus complètes	318
4.1. Extraction et valorisation des hémicelluloses : la plateforme sucres	318
4.2. Production de lignine sans soufre	321
4.3. Exemple de valorisation de lignine non soufrée par liquéfaction hydrothermale de la liqueur noire	322
5. Conclusion	323
CHAPITRE 16	
Une future bioraffinerie des insectes (Antoine HUBERT, Nathalie BEREZINA)	327
1. Enjeux de la bioraffinerie des insectes	327
2. Historique de l'élevage et de l'utilisation des insectes	328
2.1. Vers à soie	328
2.2. Abeilles	328
2.3. Lutte biologique	329
2.4. Autres usages	329
3. Quelques rappels sur les insectes	330
3.1. Cycles de vie	330
3.2. Sociabilité	331
3.3. Adaptabilité	332
4. Différentes espèces	332
4.1. Coléoptères	333
4.2. Orthoptères	336
4.3. Diptères	338
4.4. Autres	340

5. Différents produits	340
5.1. Protéines	341
5.2. Lipides	343
5.3. Chitine et chitosan	350
5.4. Autres	355
6. Défis et perspectives	356

Partie 5

APPORT DES BIOTECHNOLOGIES VÉGÉTALES À L'ÉLABORATION DE LA QUALITÉ DE LA BIOMASSE

CHAPITRE 17

Puissance de l'imagerie dans l'étude des tissus de la biomasse lignocellulosique (Valérie MÉCHIN, Matthieu REYMOND, David LEGLAND, Fadi EL HAGE, Aurélie BALDY, Yves GRIVEAU, Marie-Pierre JACQUEMOT, Sylvie COURSOL, Marie-Françoise DEVAUX, Hélène ROGNIAUX, Fabienne GUILLON)

361

1. Introduction	361
2. Digestibilité du maïs fourrage, une dégradabilité des parois vue du côté de la vache	364
2.1. Estimation <i>in vivo</i> ou <i>in vitro</i> de la digestibilité	364
2.2. Critères d'inscription au catalogue officiel français et impact sur la sélection variétale	364
3. Production de bioéthanol à partir de résidus de culture du maïs, une dégradabilité vue du côté des processus EZ	366
3.1. Biomasse et bioraffineries de 2 ^e génération	366
3.2. Prétraitements de la biomasse lignocellulosique en vue de la production de bioéthanol	368
4. Comment l'amélioration de la répartition des tissus lignifiés peut permettre d'améliorer la dégradabilité de la biomasse	369
4.1. Techniques d'imagerie	370
4.2. Extraction des informations morphologiques et de distribution des polymères	377
4.3. Utilisation des outils d'imagerie et d'analyse d'images pour étudier la répartition des tissus et son impact sur la qualité de la biomasse	381
5. Conclusion	387

CHAPITRE 18

Identification de marqueurs génétiques impliqués dans le rendement et la composition de la biomasse lignocellulosique (Laetitia VIRLOUVET, Fadi EL HAGE, Sylvain LEGAY, Aurélie BALDY, Yves GRIVEAU, Marie-Pierre JACQUEMOT, Sylvie COURSOL, Valérie MÉCHIN, Matthieu REYMOND)

393

1. Introduction	393
2. Identification des régions génomiques impliquées dans la variation de la composition pariétale et la conversion de la biomasse dans des procédés industriels	396
2.1. QTL de rendement, de composition pariétale et de potentiel de saccharification chez les salicacées	398
2.2. QTL de dégradabilité et de composition pariétale chez les graminées	399
3. Utilisation des marqueurs en sélection	401
3.1. Identification des polymorphismes causaux sous les QTL identifiés	402
3.2. Sélectionner des génotypes par sélection génomique	402
4. Conclusion	403

CHAPITRE 19

Amélioration de la biomasse par ingénierie métabolique : cas des huiles végétales (Amélie DUCLOY, Marianne AZZOPARDI, Jean-LUC CACAS)

407

1. Introduction	407
2. Principes et finalités de l'ingénierie métabolique	408
2.1. De la biologie de synthèse à l'ingénierie métabolique	408

2.2. Cas d'école en ingénierie métabolique	408
2.3. Quelques exemples marquants d'ingénierie métabolique	410
3. Stratégies et méthodologies en ingénierie métabolique	412
3.1. Stratégie générale et démarches expérimentales	412
3.2. Exploitation de la biodiversité et code génétique	414
3.3. Assemblage et construction génétiques	415
3.4. Connaître le métabolisme à modifier pour être efficace	419
4. Huiles végétales	421
4.1. Éléments de marché	422
4.2. Procédés industriels d'extraction des huiles issues de graines protéo-oléagineuses et valorisation des coproduits	422
4.3. Propriétés et diversité des huiles végétales	424
5. Amélioration des huiles végétales par ingénierie métabolique	430
5.1. Voie de biosynthèse des triglycérides constitutifs de l'huile	430
5.2. Mise en évidence et contournement des contraintes métaboliques	434
5.3. La cameline, un outil translationnel de choix en ingénierie métabolique des huiles	437
6. Quel avenir pour l'ingénierie métabolique ?	442

Partie 6

LES SCÉNARIOS POUR 2050 : COMMENT CONCILIER LES DIFFÉRENTES FILIÈRES

CHAPITRE 20

Comment concilier approvisionnement en biomasse pour la chimie verte et fourniture de ressources alimentaires ? (Benoît GABRIELLE, Chantal LOYCE)	449
1. Méthodes d'analyse du développement de la production de biomasse	450
1.1. Approches locales (<i>bottom-up</i>)	450
1.2. Approches descendantes (<i>top-down</i>)	453
1.3. Approche prospective <i>versus</i> rétrospective, et méthodes d'évaluation de la durabilité des scénarios associés	454
2. Études de cas – Exemples de résultats sur différentes sources de biomasse	456
2.1. Au niveau des cultures et des systèmes de culture	456
2.2. Études de cas territoriales	458
2.3. À grande échelle : les études prospectives	458
3. Conclusion	461

CHAPITRE 21

Analyse critique des exercices de prospectives pour 2050 (Paul COLONNA)	465
1. Contributions actuelles des biomasses à la satisfaction des besoins chimiques et énergétiques	466
1.1. La chimie dans l'UE27 (UE28 moins la Croatie)	466
1.2. Énergie	468
1.3. Mosaïque des biomasses mobilisées par l'agriculture et les forêts	469
1.4. Biomasses mobilisables	471
1.5. Durabilité	474
2. Scénarios pour l'alimentation	480
2.1. À l'échelle mondiale	480
2.2. À l'échelle européenne	481
2.3. À l'échelle française	483
3. Prospectives chimiques	485
4. Prospectives énergétiques	491
4.1. Objectifs européens	492

4.2. Objectifs de l'aéronautique	492
4.3. Objectifs français	493
4.4. Perspectives énergétiques abordant les bioénergies	495
5. Conclusions	505
5.1. À l'échelle mondiale	505
5.2. À l'échelle nationale	505
5.3. À l'échelle des territoires	506
Index	511

PRÉFACE

Dans un monde en profonde transition, de nombreux enjeux se font jour. Face à ces enjeux, il faut comprendre les déterminants des transitions et autant que possible proposer des outils, méthodes, démarches de conception et d'ingénierie de solutions, dont notre société a besoin. Dans cette diversité d'enjeux et pour assurer un développement soutenable (on pourra dire durable, mais les entendements du mot sont finalement assez nombreux et variés), la question du carbone et de son caractère renouvelable ou non est centrale. Si l'agriculture est historiquement ancrée dans une approche basée sur l'utilisation du carbone renouvelable, de plus en plus de secteurs industriels, dont la chimie, s'inscrivent dans une substitution du carbone fossile par le carbone renouvelable. On pourrait limiter la question à la production de cette ressource, mais il apparaît rapidement que l'enjeu réside bien dans la capacité à transformer et valoriser cette ressource renouvelable et à en assurer une conversion en quelque chose d'utile, de nouveau, ou se substituant à une voie existante non soutenable.

Maîtriser ces voies de conversion et de valorisation est essentiel. Les leviers d'action sont diversifiés, mettant en œuvre des mécanismes physiques, chimiques, biologiques ou biochimiques. Le plus souvent c'est une combinaison de plusieurs principes qui est nécessaire pour apporter une solution soutenable, tout en ouvrant la voie à des méthodes d'ingénierie innovantes.

La chimie verte s'est installée autour de ces grandes dimensions, proposant depuis longtemps quelques principes essentiels autour desquels se développent des champs d'applications très variés. Progressivement des applications sont proposées, validées, montrent leur compétitivité, permettent la mesure d'impact en termes de durabilité ou d'empreinte écologique et environnementale. Ces réussites en appellent alors d'autres et le champ des possibles se développe.

Les applications existantes, mais aussi les potentiels identifiés, abordent de multiples questions de conversion : obtenir des aliments par des voies nouvelles, valoriser des coproduits des industries alimentaires, source probable de la soutenabilité future des IAA, obtenir de l'énergie à partir de coproduits ou de déchets, fonder ou refonder une conception et une économie circulaire des cycles de transformations, etc.

Nul doute que la liste des enjeux sera plus étendue demain. Finalement, ces approches considèrent la biomasse d'une manière nouvelle, comme une source d'usages multiples où eau, énergie, molécules ou fonctions sont imbriquées et où la mise en œuvre de principes de la chimie verte et des biotechnologies fera exprimer au mieux un potentiel applicatif. Ceci refonde potentiellement fortement les industries alimentaires et, au-delà, positionne les bases de la bioéconomie.

Comprendre et agir dans ces directions nécessitent la maîtrise des déterminants des mécanismes de transformation pour ainsi permettre des voies d'ingénierie de solutions innovantes, appropriées, pertinentes.

C'est certainement fondateur que de mettre en regard l'expérience et les points de vue d'acteurs de la recherche appartenant à différentes communautés et agissant chacun dans son champ propre d'expertise. C'est en effet souvent la complémentarité et la confrontation des points de vue qui conduisent aux solutions les plus innovantes.

L'ouvrage permet d'illustrer des voies possibles, de poser les fondamentaux des méthodes, et d'illustrer des réussites autant que des limites de la chimie verte et des biotechnologies au service des enjeux actuels de l'industrie.

Je suis convaincu que chercheurs, étudiants, cadres d'entreprises trouveront dans cet ouvrage des réponses, des illustrations et l'inspiration pour aborder toutes ces applications et en développer de nouvelles.

Bravo à tous les contributeurs et à la coordinatrice qui, avec son enthousiasme habituel, a su fédérer un panel remarquable de chercheurs, enseignants-chercheurs et ingénieurs. La participation à des projets de recherche collaboratifs d'ampleur nationale et internationale, les formations diplômantes dont ils sont responsables, et les publications scientifiques dont ils sont co-auteurs témoignent de leur expertise et de la reconnaissance vouées par les institutions. Au-delà d'une réalisation technique, cet ouvrage livre une expérience humaine.

Professeur Gilles TRYSTRAM
Directeur général d'AgroParisTech

Contexte et objectifs de l'ouvrage, à l'interface entre la chimie verte et les industries alimentaires

La chimie verte, au sens le plus large, réside dans un ensemble de douze principes énoncés en 1998 par les chimistes Paul Anastas et John Warner de l'Agence de protection de l'environnement des États-Unis. Ces douze principes visent à réduire l'impact sur l'environnement et la santé de l'homme des procédés chimiques en développant de nouvelles voies de synthèse générant peu de déchets, mettant en œuvre des composés non toxiques, et permettant de réduire la consommation de ressources fossiles. Une des stratégies de la chimie verte consiste à utiliser des matières premières renouvelables, parmi lesquelles figurent les ressources agricoles et forestières et les déchets issus de leurs transformations et usages. Le développement de cette chimie verte du carbone renouvelable nécessite de croiser les filières de valorisation alimentaires et non alimentaires de ces ressources, en limitant au maximum la compétition en termes d'utilisations finales et d'attribution des terres. Cette intégration sous-tend un développement économique durable basé sur l'exploitation des ressources biologiques, la bioéconomie. Ainsi, on assiste aujourd'hui à une imbrication croissante entre les industries alimentaires et la chimie verte du carbone renouvelable aussi bien en termes de flux de matière et de débouchés qu'en termes de démarche commune d'éco-compatibilité.

Cet ouvrage vise à :

- montrer les imbrications (et l'absence d'antagonisme) entre deux secteurs clefs de la bioéconomie basés sur la conversion des agroressources ;
- montrer comment l'industrie agroalimentaire peut être source de molécules fonctionnelles pour la chimie et les matériaux ;
- montrer comment la conversion de matières premières non alimentaires permet d'obtenir des molécules d'intérêt pour la formulation ou la protection des aliments.

Il est destiné à apporter des connaissances scientifiques et techniques sur les matières premières et leurs voies de conversion, ainsi que sur la mise en œuvre industrielle des procédés avec prise en compte du contexte socio-économique.

L'ouvrage s'adresse à différents publics :

- étudiants en chimie, biochimie, génie des procédés se destinant aux métiers de la recherche et du développement ou de la production dans le secteur des biotechnologies blanches et vertes, de la chimie du végétal ou plus largement de la bioraffinerie ;
- ingénieurs de recherche et développement (R&D) ou de production travaillant dans des entreprises de transformation des ressources agricoles, industries agro-alimentaires ou bioraffineries ;
- enseignants des formations d'ingénieur et master dans le domaine des sciences et techniques du vivant et de l'environnement ;
- chercheurs dans des organismes publics de recherche (INRA, CNRS, CIRAD, IFPEN, CEA...) voulant contribuer au développement de filières innovantes d'obtention de molécules biosourcées.

Démarche suivie et choix : un positionnement sur la trilogie biomasse-biotechnologies-bioéconomie

L'ouvrage comporte un ensemble de 21 chapitres articulés autour de 6 parties :

- partie 1 : De la chimie verte aux biotechnologies
- partie 2 : Ressources agricoles et coproduits des IAA : sources de polymères, carburants et molécules pour la chimie
- partie 3 : Chimie verte et matériaux polymères : vers de nouveaux emballages alimentaires
- partie 4 : Vers des systèmes intégrés de bioraffinerie : lien avec le territoire et les autres filières de production
- partie 5 : Apport des biotechnologies végétales à l'élaboration de la qualité de la biomasse
- partie 6 : Les scénarios pour 2050 : comment concilier les différentes filières

Chacune de ces parties correspond à un concept identifié comme clé de voute de l'interface chimie verte-IAA, à savoir l'usage des biotechnologies, la valorisation des ressources et coproduits agricoles et forestiers, la conception d'emballages biosourcés, le développement de bioraffinerie, la construction de la qualité de la biomasse, l'allocation des ressources aux différents usages alimentaires et non alimentaires de la biomasse.

L'ouvrage n'a pas vocation à être exhaustif. Le choix a été fait de ne pas développer les procédés de la chimie éco-compatible qui font l'objet de plusieurs ouvrages récents, ni de reprendre les bases de biochimie et de procédés de conversion des différents types de biomasse détaillées de façon très complète dans l'ouvrage de Paul Colonna, *Chimie verte*, précédemment publié aux éditions Lavoisier. Il se positionne volontairement sur les trois axes biomasse, biotechnologies, bioéconomie, cette trilogie se trouvant au cœur de divers scénarios de production durable d'aliments, d'énergie et de molécules pour la chimie. Il met en exergue les avancées techniques et scientifiques les plus récentes, se focalisant notamment sur deux « filières » à fort potentiel d'innovation intersectorielle : les microalgues et les insectes. Des données actualisées sur les marchés, les réglementations et les politiques publiques sont fournies.

Au-delà de l'apport de connaissances scientifiques et technico-économiques, c'est une complémentarité de points de vue que le lecteur trouvera au fil des chapitres, les auteurs ayant pris le parti de souligner les verrous et points critiques associés aux différentes approches présentées.

Une œuvre collective reposant sur des réseaux de collaborations et des partenariats public-privé

Cet ouvrage est une œuvre collective réalisée conjointement par une soixantaine d'auteurs (enseignants-chercheurs, chercheurs, ingénieurs, techniciens et étudiants), affiliés à **12 établissements d'enseignement supérieur** (AgroParisTech, Université Paris-Sud, Université Paris-Saclay, Université Pierre et Marie-Curie, Sorbonne Université, Université de Reims Champagne-Ardenne, Université de Toulouse, Toulouse INP, ENSIACET, Supagro Montpellier, Université de Montpellier, Université Grenoble-Alpes, INP Pagora), **5 organismes de recherche publics** (INRA, INRIA, CNRS, CIRAD, IFPEN), **4 PME** (Invalve, Greensea, Ynsect, UV Boosting), **4 multinationales** (Air Liquide, Suez, Semences Prograin Inc., Via Varejo), **1 centre de ressources technologiques** (CRT-CATAR/CRITT Agro-ressources) et **1 fondation** (Fondation Jacques de Bohan-Institut de Bioraffinerie-Fondation d'entreprise).

Tous ces auteurs agissent pour le développement de la chimie verte et de la bioraffinerie à l'échelle nationale et internationale, à travers des programmes de recherche et d'innovation, des formations de niveau master, post-master et doctoral, ou encore des activités de démonstration industrielle.

L'aboutissement d'un cheminement personnel

Actuellement Professeur en chimie verte à AgroParisTech, j'ai débuté ma carrière à l'ex Institut National Agronomique Paris-Grignon en tant qu'attachée d'enseignement et de recherche contractuelle. J'ai effectué dans ce cadre une thèse (1994-1997) codirigée par **Paul Colonna**, sur la conception de « biomatériaux » à base d'amidon et de lignines, à une époque où il était question de surplus alimentaires, de réforme de la politique agricole commune et de mise en place de filières de valorisations non alimentaires. J'ai eu la chance de démarrer mes activités d'enseignante avec la responsabilité d'un enseignement de terrain sur les « transformations agro-industrielles végétales », délocalisé en Champagne-Ardenne, qui m'a permis de rencontrer de nombreux acteurs dont je ne soupçonnais pas alors que nous serions un jour co-auteurs d'un ouvrage. Je dois à **Martino Nieddu** et **Jean-Marie Chauvet** de m'avoir fait découvrir la dimension humaine de la bioraffinerie. Poursuivant mes activités autour de la valorisation des lignines et de la bioraffinerie, j'ai peu à peu bénéficié d'un réseau de partenaires au sein de l'INRA, co-animant de 2011 à 2016 un programme prioritaire sur la bioraffinerie des lignocelluloses initié par **Michael O'Donohue**, chef du département CEPIA. Ce réseau a largement contribué à cet ouvrage, à travers l'implication de chercheurs de 8 unités mixtes de recherche INRA (FARE, BIA, LISBP, IATE, LCA, GENIAL, IJPB et LBE). En étroite relation avec mes activités de recherche, j'ai co-construit à AgroParisTech un parcours de formation dédié à la bioraffinerie et à la chimie verte avec l'aide de mes collègues enseignants-chercheurs d'AgroParisTech, dont **Violaine Athès**, **Florent Allais**, **Jean-Luc Cacas**, **Sandra Domenek**, **Benoit Gabrielle**, **Amandine Flourat**, **Chantal Loyce**, **Marwen Moussa** et **Eric Spinnler**, tous co-auteurs de cet ouvrage. Ce parcours n'aurait pu être construit sans **Marie-Christine Scherrmann**, Professeur à l'Université Paris-Saclay et chercheur au CNRS, dont les compétences en chimie éco-compatible apportent aux étudiants un regard différent sur le concept de chimie verte. La participation de l'IFPEN et de l'INRIA, respectivement pour le volet biocarburants et microalgues, est également précieuse. Forte de mes expériences en enseignement et recherche, je coordonne aujourd'hui un projet européen dans le cadre du partenariat public-privé « Bio-Based Industry ». Je dois à **Nathalie Bérézina** et **Antoine Hubert** (société Ynsect) de m'avoir permis d'introduire dans le projet une voie innovante de valorisation des lignines *via* la bioraffinerie des insectes.

Ainsi, à travers la réalisation de cet ouvrage, j'ai pu réunir dans un même projet celles et ceux qui ont jalonné ma carrière et m'ont portée de près ou de loin dans mes projets. C'est une façon pour moi de les en remercier.

Je souhaite enfin porter une attention particulière à **Marie-Noëlle Bellon-Fontaine**, Professeur à AgroParisTech et directrice de la collection Sciences et Techniques Agroalimentaires de la maison d'éditions Lavoisier, qui m'a proposé en 2015 la coordination d'un ouvrage sur le thème de la chimie verte et des industries agroalimentaires. Sa confiance et ses encouragements ont été de précieux compagnons tout au long de cette réalisation.

Stéphanie BAUMBERGER

Professeur en Chimie Verte à AgroParisTech

REMERCIEMENTS

Les auteurs du chapitre 12 « Potentiel des lignines comme additifs multifonctionnels » (Partie 3) remercient Florian Pion, Maître de Conférences à AgroParisTech, pour la relecture critique du chapitre et ses conseils, ainsi que l'ensemble des membres de l'équipe « Apsynth » de l'Institut Jean-Pierre Bourgin pour leur expertise et leur contribution aux travaux de recherche sur les lignines. Ces travaux ont bénéficié de 2016 à 2020 du soutien de l'Union européenne à travers le projet ZELCOR (H2020, BBI JU).¹

Jean-Marie Chauvet, auteur du chapitre 14 « Des industries agroalimentaires de première transformation aux bioraffineries : exemple de Bazancourt-Pomacle » (Partie 4) remercie particulièrement Yvon Le Hénaff, président du pôle de compétitivité IAR (Industries & Agroressources) et ancien directeur général d'ARD (Agroindustrie Recherches & Développements) pour ses conseils et son attention lors de la relecture. Il a été un acteur clé du développement du site de la bioraffinerie depuis 2002.

Les auteurs du chapitre 19 « Amélioration de la biomasse par ingénierie métabolique : cas des huiles végétales » (Partie 5) tiennent à remercier chaleureusement les professeurs Jean-Denis Faure (AgroParisTech, Paris) et Jérôme Joubès (Université de Bordeaux II, Bordeaux) pour le partage de leurs supports de cours. Ils adressent également leurs remerciements à Lionel Gissot (Institut Jean-Pierre Bourgin, INRA, Versailles) pour son aide dans la rédaction de la partie dédiée au clonage par le système GoldenBraid.

Enfin, l'ensemble des auteurs remercient Franck-Dominique Vivien, Maître de Conférences en sciences économiques à l'université de Reims-Champagne-Ardenne et Nicolas Béfort, Maître de Conférences à la Chaire de Bioéconomie Industrielle (Neoma business school), d'avoir assuré la mise en forme finale du chapitre 2 « Des bioéconomies entre transformation des procédés industriels et agro-écologie », rédigé par Martino Nieddu. Martino Nieddu nous a malheureusement quittés en cours de préparation de l'ouvrage. Nous adressons nos amicales pensées à sa famille ainsi qu'à ses proches collaborateurs.

1. *This project has received funding from the Bio Based Industries Joint Undertaking under the European Union's Horizon 2020 research and innovation program under grant agreement No. 720303.*

LISTE DES ABRÉVIATIONS

AAPH	<i>2,2'-azobis(2-amidinopropane) dihydrochloride</i> [dichlorhydrate de 2,2'-azobis(2-amidino-propane)]
ABE	acétone-butanol-éthanol (procédé de fermentation conduisant à la production de)
ABS	poly(acrylonitrile/butadiène/styrène)
Ac	acétyl
ACCCase	acétyl CoA carboxylase
ACDV	Association chimie du végétal
ACP	<i>acyl carrier protein</i> (protéine porteuse d'acyle)
ACS	acyl-coenzyme A synthétase
ACV	analyse de cycle de vie
ADEME	Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie
ADMET	<i>acyclic diene metathesis</i> (métathèse de diènes acycliques)
ADN	acide désoxyribonucléique
ADNc	ADN complémentaire
ADN-T	ADN de transfert
ADP	adénosine diphosphate
AESA	Autorité européenne de sécurité des aliments
AF	acide férulique
AFEX	<i>ammonia fiber explosion</i> (explosion et exposition à l'ammoniaque liquide)
AFNOR	Association française de normalisation
AFOLU	<i>agriculture, forestry and other land use</i> (agriculture, forêt et autres utilisations des terres)
AG	acide gras
AGCC	acide gras à chaîne courte
AGLC	acide gras à longue chaîne
AGPI	acide gras polyinsaturé
AGRICE	AGRIculture Chimie & Environnement
AGTLC	acide gras à très longue chaîne
AGV	acide gras volatil
AIE	Agence internationale de l'énergie
AISBL	association internationale sans but lucratif
AL	alcool laurique
ANCRE	Alliance nationale de coordination de la recherche pour l'énergie
APG	alkylpolyglucoside
APX	alkylpolyxyloside
ARBD	Association agro-ressources bioéconomie demain
ARD	Agroindustrie Recherches & Développements

ARN	acide ribonucléique
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials</i> (Société américaine pour les tests et les matériaux)
ATAG	<i>Air Transport Action Group</i> (Groupe d'action sur les transports aériens)
ATBC	<i>acetyl tributyl citrate</i> (acétylcitrate de tributyle)
ATP	adénosine triphosphate
AX	arabinoxylanes
BASIAS	Inventaire historique des sites industriels et activités de service
BASOL	base de données sur les sites et sols pollués ou potentiellement pollués appelant une action des pouvoirs publics à titre préventif ou curatif (ministère de l'Écologie)
BAU	<i>business-as-usual</i>
BBI	<i>Bio-Based Industries</i>
BBI JU	<i>Bio-Based Industries Joint Undertaking</i>
BDF sat	butanediol diférulate saturé
BDS sat	butanediol disinapate saturé
BECCS	<i>bio-energy with carbon capture and storage</i> (bioénergie avec capture et stockage du carbone)
BG	bêta-glucanes
BHT	hydroxytoluène butylé
BIC	<i>Bio-based Industries Consortium</i>
Biopol	<i>biodegradable polymers and sustainable composites</i> (polymères biodégradables et composites durables)
BMP	<i>biochemical methane potential</i> (potentiel méthanogène)
BPA	bisphénol A
BPF	bisphénol F
BPS	bisphénol S
BRI	Bioraffinerie Recherches & Innovations
BSF	<i>black soldier fly</i> (mouche soldat noir)
BtL	<i>biomass-to-liquid</i>
BTP	bâtiment et travaux publics
CA	chiffre d'affaires
CAC	concentration d'agrégation critique
CAL-B	<i>Candida antarctica</i> Lipase B, Novozyme 435®
CARB	<i>California Air Resources Board</i> (agence pour la qualité de l'air de l'État de Californie aux États-Unis)
CAS	changements d'affectation des sols
CASi	changements d'affectation des sols indirects
CAVISA	centre d'analyse et de valorisation industrielle de substrats agricoles
CBM	<i>carbohydrate binding domain</i> (domaine de fixation aux glucides)
CBP	<i>consolidated bioprocessing</i> (biotransformation consolidée)
CCE	<i>cold caustic extraction</i> (extraction à la soude à froid)

CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
CDR	<i>carbon dioxide removal</i> (élimination du dioxyde de carbone)
CE	Commission européenne
CEBB	Centre européen de biotechnologie et de bioéconomie
Cefic	<i>European Chemical Industry Council</i> (Conseil européen de l'industrie chimique)
CEPI	<i>Confederation of European Paper Industries</i> (Confédération européenne des industries papetières)
CESE	Conseil économique social et environnemental
CFU	<i>colony forming unit</i> (unité formant colonie)
CGA	corps gras alimentaires
Chl	chlorophylle
CIVE	cultures intermédiaires à valorisation énergétique
CL	corps lipidique
CMR	composé cancérigène, mutagène ou toxique pour la reproduction
CNRS	Centre national de la recherche scientifique
CO	monoxyde de carbone
CO ₂	dioxyde de carbone
CO ₂ eq	équivalent CO ₂
CoA	Coenzyme A
COP	<i>Conferences of parties</i> (Conférences des parties)
COS	oxysulfure de carbone
COV	composé organique volatil
CRD	Céréales Recherche & Développement
CRISPR	<i>clustered-regularly interspaced short palindromic repeats</i> (courtes répétitions palindromiques groupées et régulièrement espacées)
CRISPR-Cas	<i>clustered-regularly interspaced short palindromic repeats-crispr-associated nucleases</i> (nucléases associées au CRISPR)
CRITT	Centre régional d'innovation et de transfert de technologie
CSIRO	<i>Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation</i> (Organisation fédérale pour la recherche scientifique et industrielle)
CSR	combustible solide de recyclage, ou combustible solide de récupération
CTO	<i>crude tall oil</i> (huile de tall ou tallöl brute)
CTS	<i>towards a clean chemical sector</i> (vers un secteur chimique propre)
CV	croissance verte
CVA	charge volumique appliquée
CVG	Centre de valorisation des glucides
Cys	cystéine
DA6	1,6-diamine
DA10	1,10-diamine
DAG	diglycéride, ou diacylglycérol

DAGAT	diacylglycérol acyl transférase
DBO	demande biologique en oxygène
DCO	demande chimique en oxygène
DDGS	<i>distiller's dried grain with solubles</i> (drèches de distillerie avec solubles)
DE	dialkyl ester
$\Delta 9$ -DES	$\Delta 9$ -stéaroyl-ACP désaturase
DGDG	digalactosyldiacylglycérol
DGE	Direction générale des entreprises
DGEBA	bisphénol A diglycidyl éther
DHA	<i>docosahexaenoic acid</i> (acide docosahexaénoïque)
DIB	déchet industriel banal
DIFFA	difurfurylamine
DMR	<i>deacetylation and mechanical refining</i> (désacétylation et raffinage mécanique)
DMSO	diméthylsulfoxyde
DP	degré de polymérisation
DPA	acides diphénoliques
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (radical)
EA	économie d'atome
EAM	emballage sous atmosphère modifiée
EBS	encéphalopathie bovine spongiforme
EC	<i>enzyme Commission number</i> (numéro de la Commission des enzymes)
EC50	concentration efficace médiane
ECG	esters de carbonate de glycérol
ECHA	<i>European Chemicals Agency</i> (Agence européenne des produits chimiques)
EcoBioCAP	<i>eco-efficient biodegradable composite advanced packaging</i> (emballage avancé à base de composites biodégradables éco-efficaces)
EEA	<i>European Environment Agency</i> (Agence européenne de l'environnement)
EFSA	<i>European Food Safety Authority</i> (Autorité européenne de sécurité des aliments [AESA])
EGSB	<i>upflow anaerobic sludge bed</i> (lit de boues anaérobies à flux ascendant)
E-HVP	hydrolysats enzymatiques de protéine végétale
EINECS	<i>European INventory of Existing Commercial Substance</i> (Inventaire européen des substances commerciales existantes)
EISA	<i>Energy and Independance and Security Act</i> (Loi sur l'indépendance et la sécurité énergétique)
EIT	écologie industrielle territoriale
EJ	exajoule (10^{18} J)
ELINCS	<i>European List of Notified Chemical Substances</i> (Liste européenne des substances chimiques notifiées)

EMAA	Plan énergie méthanisation autonomie azote
EMAG	ester méthylique d'acide gras
EMHA	ester méthylique d'huile animale
EMHV	ester méthylique d'huile végétale
EMR	efficacité massique de la réaction
EN	<i>Euronorm</i> (norme européenne)
EnR	énergies renouvelables
EPA	<i>eicosapentaenoic acid</i> (acide éicosapentaénoïque)
EPA	<i>Energy Policy Act</i> (Loi de politique énergétique)
EPA	<i>Environment Protection Agency</i> (Agence de protection de l'environnement des États-Unis)
EST	encéphalopathie spongiforme transmissible
FAD2	<i>fatty acid desaturase 2</i>
FAD3	<i>fatty acid desaturase 3</i>
FAE1	<i>fatty acid elongase 1</i>
FAO	<i>Food and Agriculture Organization</i> (Organisation pour l'alimentation et l'agriculture)
FARE (UMR INRA)	Fractionnement des AgroRessources et Environnement
FAS	<i>fatty acid synthase</i> (acide gras synthase)
FCE	<i>feed conversion efficiency</i> (efficacité de conversion de la biomasse)
FD	facteur de dilution
FDCA	acide furane 2,5-dicarboxylique
FPA	<i>focal plan array</i> (matrice plan focal)
FSC	<i>Forest Stewardship Council</i>
ft	<i>foot</i>
FUI	fonds uniques interministeriels
2G	deuxième génération (ou seconde génération)
GAP	glycéraldéhyde 3-phosphate
GCO	<i>gaz chromatography combined with olfactometry</i> (chromatographie en phase gazeuse couplée à l'olfactométrie)
GES	gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GlcN	glucosamine
GlcNAc	N-acétyl glucosamine
GMS	grandes et moyennes surfaces
GNC	gaz naturel comprimé
GNL	gaz naturel liquéfié
GNV	gaz naturel pour véhicules
G3P	glycérol-3-phosphate
GPC	<i>gel permeation chromatography</i> (chromatographie d'exclusion stérique)
GPL	gaz de pétrole liquéfié
GRAS	<i>generally recognized as safe</i> (généralement reconnu sans danger)
GSH-3SH	S-3-(1-hydroxyhexyl)-glutathion

Gtep	milliard de tonnes d'équivalent pétrole
GTF sat	glycérol triféruate saturé
GTS sat	glycérol trisinapate saturé
GWAS	<i>genome wide association study(ies)</i> (étude(s) d'association pangénomique)
GWH	gigawatt-heure
H ₂	dihydrogène
ha	hectare
HCl	acide chlorhydrique
HCN	cyanure d'hydrogène
HDI	hexaméthyl diisocyanate
HG-II (catalyseur)	catalyseur Hoveyda-Grubbs de deuxième génération
HMDA	hexaméthylène diamine
HMF	hydroxyméthylfurfural
H ₂ O	eau
HOSO	<i>high oleic sunflower oil</i> (huile de tournesol riche en acide oléique)
3HPA	acide 3-hydroxypropanoïque
HPLC	<i>high performance liquid chromatography</i> (chromatographie en phase liquide à haute performance)
H ₂ S	sulfure d'hydrogène
HSP	paramètres de solubilité de Hansen
HVO	<i>hydrotreated vegetable oil</i> (hydrotraitement des huiles végétales)
HVP	huiles végétales pures
IAA	industrie agroalimentaire
IAR	Industries & Agroressources
ICPE	installation classée pour la protection de l'environnement
IDF sat	isosorbide diféruate saturé
IDS sat	isosorbide disinapate saturé
IEA	<i>International Energy Agency</i> (Agence internationale de l'énergie)
IFP	Institut français du pétrole
IFPEN	IFP Énergies nouvelles
IFV	Institut français de la vigne et du vin
IgE	immunoglobuline E
IIASA	<i>International Institute for Applied Systems Analysis</i> (Institut international pour l'analyse des systèmes appliqués)
Ind	industrie
Inéris	Institut national de l'environnement industriel et des risques
INRA	Institut national de recherche agronomique
INSERM	Institut national de la santé et de la recherche médicale
IPCC	<i>Intergovernmental Panel on Climate Change</i> (Groupe d'experts sur le changement climatique)
IPDA	isophorone diamine
IR	infrarouge
IRENA	<i>International Renewable Energy Agency</i> (Agence internationale de l'énergie renouvelable)

IRM	imagerie par résonance magnétique
IRTF	spectroscopie infrarouge à transformée de Fourier (<i>Fourier transform infrared spectroscopy</i> [FTIR])
ISCC	<i>international sustainability and carbon certification</i> (certification internationale de la durabilité et du carbone)
ISDND	installations de stockage des déchets non dangereux
ISM	imagerie par spectrométrie de masse
ISTV	Institut des sciences et techniques du vivant
ITERG	Institut des corps gras
KASII	β -céto-acyle-synthase II
Kb	indice de Kauri-Butanol
KET	<i>key enabling technologies</i> (technologies clés génériques)
kGy	kilogray
K_m	constante de Michaelis
KOH	hydroxyde de potassium
kWh ^t ⁻¹	kilowatt-heure par tonne
LC ₉₀	<i>lethal concentration</i> (concentration conduisant à la mort de 90 % des individus)
LD	<i>linkage disequilibrium</i> (déséquilibre de liaison)
LDAP	<i>lipid droplet-associated protein</i> (protéine associée au corps lipidique)
LEC2	<i>leafy cotyledon 2</i>
LiBr	bromure de lithium
LMS	limite de migration spécifique
LPAAT	acide lysophosphatidique-acyl-transférase
LPMO	<i>lytic polysaccharide monoxygenases</i> (mono-oxygénases à activité lytique de polysaccharides)
LTECV	Loi de transition énergétique pour la croissance verte
LULUCF	<i>land use, land-use change and forestry</i> (utilisation des terres, changement d'affectation des terres et foresterie)
MALDI	<i>matrix assisted laser desorption ionisation</i> (ionisation laser assistée par matrice)
MAP/EAM	<i>modified atmosphere packaging</i> (emballage sous atmosphère modifiée)
MAT	malonyl-acétyle transférase
MAT	matière azotée totale
Mbtu	<i>million British thermal unit</i>
MDI	<i>methyldiphenyl isocyanate</i> (diphénylméthyl isocyanate)
ME	monoalkyl ester
MEC	<i>microbial electrolysis cell</i> (cellule d'électrolyse microbienne)
MeGluA	acide 4- <i>O</i> -méthylglucuronique
MG	monoglycéride
MGDG	monogalactosyldiacylglycérol
MGM	micro-organismes génétiquement modifiés
MJ	millions de Joule

MO	matière organique
MRS	matières à risques spécifiés
MS	matière sèche
Mt	millions de tonnes
Mtep	millions de tonnes équivalent pétrole
MV	matières volatiles
MW	mégawatt
MWh	mégawatt-heure
NAC	nouveaux animaux de compagnie
NAD(P)H	nicotinamide adénine dinucléotide (phosphate)
NAF	Nomenclature des activités françaises
NAM	<i>nested association mapping</i> (cartographie d'association imbriquée)
NF	Norme française
NH ₃	ammoniac
NHEJ	<i>non-homologous end joining</i> (jonction d'extrémités non homologues)
NIPU	<i>non-isocyanates polyurethan</i> (polyuréthane sans isocyanates)
NIRS	<i>near infrared spectroscopy</i> (spectroscopie en proche infrarouge)
NRC	<i>National Research Council</i> (Conseil national de la recherche)
NREL	<i>National Renewable Energy Laboratory</i> (Laboratoire national pour les énergies renouvelables)
OAV	<i>odor activity value</i> (valeur d'activité des odeurs)
OCDE	Organisation de coopération et de développement économiques
OCM	Organisation commune des marchés
OECD	<i>Organisation for Economic Co-operation and Development</i> (Organisation de coopération et de développement économiques)
OGM	organisme génétiquement modifié
OMM	Organisation météorologique mondiale
ONF	Office national des forêts
OPC	oligomères procyanidoliques
OPECST	Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques
PA	acide phosphatidique
PA	polyamide
PAC	politique agricole commune
PAT	protéines d'animaux transformées
PBAT	polybutyrate adipate téréphtalate, ou poly(butylène adipate-co-téréphtalate)
PBS	poly(butylène succinate)
PBSA	poly(butylène succinate-co-adipate)
PC	phosphatidylcholine
PC	polycarbonate
PCI	pouvoir calorifique inférieur
PCL	polycaprolactone

PCR	<i>polymerase chain reaction</i> (réaction en chaîne par polymérase)
PCS	pouvoir calorifique supérieur
PDAT	<i>phospholipid diacylglycerol acyltransferase</i>
PDMS	poly(diméthylsiloxane)
PE	polyéthylène
PEF	poly(éthylène furanoate), ou polyéthylène 2,5-furandicarboxylate
PEFC	<i>programme for the endorsement of forest certification schemes</i> (programme de reconnaissance des certifications forestières)
PEG	poly(éthylène glycol)
PE-LD	<i>polyethylene-low density</i> (polyéthylène à faible densité)
PET	poly(éthylène téréphtalate), ou poly(téréphtalate d'éthylène)
PG	phosphatidylglycérol
3-PG	3-phosphoglycérate
PGME	<i>propylene glycol methyl ether</i> (éther méthylique de propylèneglycol)
PHA	polyhydroxyalcanoate
PHB	poly(β -hydroxybutyrate), ou polyhydroxybutyrate
PHBV	poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalérate)
PHU	polyhydroxyuréthane
PIB	produit intérieur brut
PJ	PetaJoule
PKM	<i>palm kernel meal</i> (farine de palmiste)
PLA	<i>polylactic acid</i> (poly(acide lactique)) / polylactides
PLC	phospholipase C
PP	polypropylène
PPE	Programmation pluriannuelle de l'énergie
PRG	potentiel de réchauffement global
PS	polystyrène
PSA	<i>pressure swing adsorption</i> (adsorption par inversion de pression)
PTFE	polytétrafluoroéthylène (Téflon)
PTT	poly(triméthylène téréphtalate), ou poly(téréphtalate de triméthylène)
PU	polyuréthane
PUFA	<i>polyunsaturated fatty acid</i> (acide gras polyinsaturé)
PVC	poly(chlorure de vinyle)
QTL	<i>quantitative trait locus</i> (locus de caractères quantitatifs)
RBA-FC	réacteur batch agité chauffé par fluide caloporteur
RBA-IT	réacteur batch agité chauffé par induction thermique
RBO	<i>rice bran oil</i> (huile de son de riz)
RBPC	concentrés de protéines de son de riz
R&D	recherche et développement
RE	réticulum endoplasmique
REACH	<i>registration, evaluation, and authorization of chemicals</i> (enregistrement, évaluation et autorisation des produits chimiques)

RED	<i>Renewable energy directive</i> (directive pour les énergies renouvelables)
RFS	<i>Renewable fuel standard</i> (norme pour les carburants renouvelables)
RHT-IT	réacteur hydrothermal chauffé par induction thermique
RMN	résonance magnétique nucléaire
ROS	<i>radical oxygen species</i> (espèce radicalaire de l'oxygène)
RSPO	<i>roundtable on sustainable palm oil</i> (table ronde sur la production durable d'huile de palme)
RTS	<i>reference technology scenario</i> (scénario de technologie de référence)
SAU	surface agricole utile
SDL	<i>starter distillates</i> (distillats de départ)
SHF	<i>separate hydrolysis and fermentation</i> (hydrolyse et fermentation séparées)
SM	spectrométrie de masse
SMT2	stérol méthyl transférase 2
SNBC	stratégie nationale bas-carbone
SNP	<i>single nucleotide polymorphism</i> (polymorphisme d'un seul nucléotide)
SPA	sous-produits animaux
SQDG	sulfoquinovosyldiacyl-glycérol
SSF	<i>simultaneous saccharification and fermentation</i> (saccharification et fermentation simultanées)
TA	trialcool
TAG	triglycérides (aussi appelés triacylglycérols ou triacylglycérides)
TALEN	<i>transcriptional activator-like effector nucleases</i> (nucléases effectrices de type activateur de transcription)
TBBPA	tétrabromobisphénol A
TCP	<i>total cyanogenetic potential</i> (potentiel cyanogénétique total)
TCR	taillis à courte rotation
TDI	diisocyanate de toluène
TE	thioestérase
TE	<i>trialkyl ester</i>
TECV	Transition énergétique pour la croissance verte
tep	tonnes d'équivalent pétrole
T _g	température de transition vitreuse
TGAP	taxe générale sur les activités polluantes
tMS.ha ⁻¹	tonnes de matière sèche par hectare
TRL	<i>technology readiness level</i> (niveau de maturité technologique)
TSH	temps de séjour hydraulique
TTCR	taillis à très courte rotation
TWB	<i>Toulouse white biotechnology</i>
TWh	Terawatt-heure
UASB	<i>upflow anaerobic sludge blanket</i> (technologie des couches de boues anaérobies à flux ascendant)

UE	Union européenne
UFL	unité fourrage laitier
UICPA	Union internationale de chimie pure et appliquée
UMR	unité mixte de recherche
UNDV	Union nationale des distilleries vinicoles
URCA	Université Reims Champagne-Ardenne
US DoE	<i>US Department of Energy</i> (Département de l'énergie des États-Unis)
USDA	<i>United States Department of Agriculture</i> (Département de l'agriculture des États-Unis)
UT	unité transcriptionnelle
UV	ultraviolet
UVE	unité de valorisation énergétique
V_m	vitesse maximale
WRI1	WRINKLE 1
WSF	<i>wheat straw fraction</i> (fraction de paille de blé)
Zelcor	<i>zero waste ligno-cellulosic biorefineries</i> (bioraffineries lignocellulosiques zéro déchet)
ZFN	<i>zinc finger nucleases</i> (nucléases à doigt de zinc)

Aujourd'hui, l'un des principaux enjeux de l'industrie et de l'économie consiste à répondre aux besoins d'une population mondiale croissante tout en préservant l'environnement. En effet, l'utilisation depuis plusieurs décennies des ressources énergétiques fossiles a généré, outre la diminution des réserves de ces ressources, un phénomène de réchauffement climatique dû à la libération dans l'atmosphère de gaz à effet de serre. De plus en plus de secteurs industriels, dont la chimie, s'inscrivent dans une substitution du carbone fossile par le carbone renouvelable ; ainsi se développe la bioéconomie, fondée sur la chimie verte et les biotechnologies, comme levier pour réduire l'empreinte écologique des activités humaines.

L'objectif de **Chimie verte et industries agroalimentaires** est de présenter une utilisation raisonnée des matières premières renouvelables qui exploite la complémentarité entre filières alimentaires et non alimentaires, sans les opposer. Parmi ces matières premières figurent les ressources agricoles et forestières et les déchets issus de leurs transformations et usages.

L'ouvrage comporte un ensemble de 21 chapitres articulés autour de 6 parties, chacune correspondant à un concept identifié comme clé de voûte de l'interface chimie verte-IAA :

- De la chimie verte aux biotechnologies

- Ressources agricoles et coproduits des IAA : sources de polymères, carburants et molécules pour la chimie
- Chimie verte et matériaux polymères : vers de nouveaux emballages alimentaires
- Vers des systèmes intégrés de bioraffinerie : lien avec le territoire et les autres filières de production
- Apport des biotechnologies végétales à l'élaboration de la qualité de la biomasse
- Les scénarios pour 2050 : comment concilier les différentes filières

L'ouvrage s'adresse aux étudiants en chimie, biochimie, génie des procédés, aux ingénieurs de recherche et développement ou de production, aux enseignants des formations d'ingénieur et master dans le domaine des sciences et techniques du vivant et de l'environnement, aux chercheurs dans des organismes publics de recherche.

STÉPHANIE BAUMBERGER est Professeur en chimie verte à AgroParisTech et anime une équipe de recherche à l'Institut Jean-Pierre Bourgin, UMR 1318 INRA-AgroParisTech, INRAE, Centre de Versailles-Grignon, à Versailles.

Elle a coordonné le travail de plus de 60 auteurs, tous experts et éminents spécialistes de la chimie verte et de la bioraffinerie.

